

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(43) 国际公布日:  
2003年11月6日(06.11.2003)

PCT

(10) 国际公布号:  
WO 03/092206 A1

- (51) 国际分类号<sup>7</sup>: H04L 1/00
- (21) 国际申请号: PCT/CN02/00295
- (22) 国际申请日: 2002年4月26日(26.04.2002)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人(对除美国以外的所有指定国): 连宇通信有限公司(LINKAIR COMMUNICATIONS, INC.) [US/US]; 美国加利福尼亚州桑塔克拉拉市塔斯曼路2901号109室, California 95054 (US).
- (72) 发明人;及
- (75) 发明人/申请人(仅对美国): 李轶(LI, Yi) [CN/CN]; 李永会(LI, Yonghui) [CN/CN]; 张永生(ZHANG, Yongsheng) [CN/CN]; 中国北京市西直门北大街甲43号金运大厦B座908, Beijing 100044 (CN).
- (74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司(BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国北京市北三环中路40号, Beijing 100088 (CN).

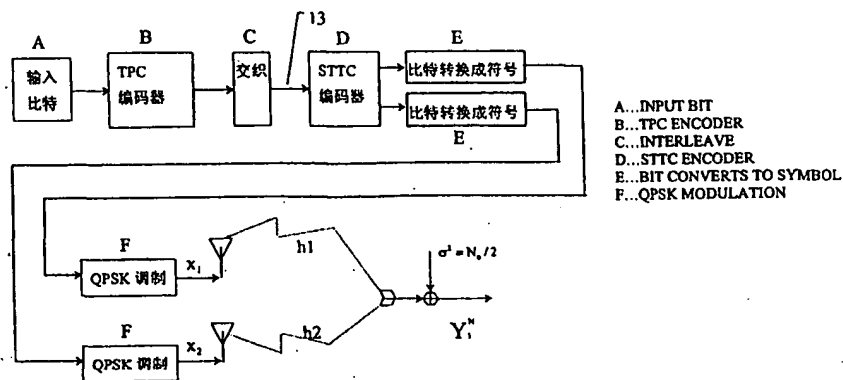
- (81) 指定国(国家): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW
- (84) 指定国(地区): ARIPO专利(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚专利(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲专利(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI专利(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

本国际公布:  
— 包括国际检索报告。

所引用双字母代码和其它缩写符号, 请参考刊登在每期PCT公报期刊起始的“代码及缩写符号简要说明”。

(54) Title: A CODING METHOD AND DEVICE FOR CASCADING THE TURBO PRODUCT AND SPACE-TIME TRELLIS CODE (STTC)

(54) 发明名称: 一种Turbo乘积码与时空Trellis码级联的编码方法及装置



(57) Abstract: A coding method and device for cascading the Turbo product code and Space-Time Trellis code (STTC), characterized in that: input bits are encoded at transmitting terminal by cascading the Turbo product code and Space-Time Trellis code (STTC); received signals are decoded at receiving terminal by iterating Turbo product code and Space-time Trellis code (STTC). Transmitting terminal includes at least an encoder which is cascade of a Turbo product encoder and a Space-Time Trellis encoder; receiving terminal includes at least a decoder which is also cascade of a turbo product decoder and a Space-Time Trellis decoder. The invention uses TPC as outer code of cascade coding, so it can reduce complexity and delay of decoding and decrease overhead of buffer; the invention uses iterative decoding between Turbo product code and Space-Time Trellis code (STTC), thus improves coding gain greatly while obtaining diversity gain.

[见续页]



---

(57) 摘要

一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码方法及装置, 其中: 发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码; 接收端对所接收的信号采用 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码。发射端至少包括 Turbo 乘积码编码器和时空 Trellis 码编码器级联构成的编码装置; 接收端至少包括 Turbo 乘积码译码器和时空 Trellis 码译码器级联构成的译码装置。采用 TPC 作为级联编码的外码, 降低了译码的复杂性和译码时延, 减少了缓存的开销, 采用了 Turbo 乘积码和时空 Trellis 码之间的迭代译码, 在获得分集增益的同时还大大提高了编码增益。

# 一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码

## 级联的编码方法及装置

### 技术领域

本发明涉及通信技术领域，其特别涉及一种用于通信系统的时空编码  
5 方案，具体的讲是一种 Turbo 乘积码（TPC）与时空 Trellis 码（STTC）级联的编码方法及装置。

### 背景技术

众所周知，在衰落信道中，信号的衰落将严重恶化系统的性能。克服衰落最有效的手段是采用分集技术。时空编码技术（参见参考文献[1]、[2]、  
10 [3]），可以同时获得分集增益和编码增益，克服衰落的影响，提高传输的可靠性。

近年来，将时空编码与信道纠错码结合引起了人们的关注，两者的有效结合可以使系统在获得分集增益，编码增益的同时还能获得额外的编码增益，从而大大提高系统的抗衰落性能和纠错性能。

15 现有的系统大都采用卷积码（参见参考文献[4]）或者 Turbo 码（参见参考文献[5]）与时空码的结合，这些方案的译码复杂度太高，实际应用中有一定的困难，而且没有在信道纠错码和时空码之间进行迭代译码，不能获得足够大的编码增益。

### 发明内容

20 本发明的目的在于提供一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码方法及装置，用以降低译码的复杂性和译码时延，减少缓存的开销，并且在获得分集增益的同时还可提高编码增益。

本发明的技术方案为：

一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码方法，其中：发射端  
25 对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码；接收端对所

接收的信号进行译码。

所述的发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码是指：Turbo 乘积码为级联编码的外码，时空 Trellis 码为级联编码的内码；在编码时，先进行 Turbo 乘积码编码，对 Turbo 乘积码编码后的  
5 比特进行交织，交织后的比特再进行时空 Trellis 编码。

所述的接收端对所接收的信号进行译码是指：接收端对所接收的信号采用 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码。

所述的发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码的步骤包括：

- 10 在编码时，对输入比特先进行 Turbo 乘积码编码；
- 对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织；
- 交织后的比特再进行时空 Trellis 编码；
- 级联编码后的比特转换成符号；
- 对所述的符号进行调制；
- 15 调制后的信号从发射天线上发射出去。

所述的接收端对所接收的信号采用了 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码的步骤包括：

- 在第一次译码时，时空 Trellis 码译码没有先验信息，可让似然比先验信息的输入值为零；
- 20 时空 Trellis 码译码根据接收到的信号序列，译码得到相应信息在比特级上的可靠性，这时的可靠性信息是全信息；
- 用全信息减去输入的先验信息得到新信息；
- 把所述的新信息经过反交织后进行 Turbo 乘积码译码；
- 同样 Turbo 乘积码译码输出的是全信息；
- 25 用全信息减去输入的先验信息得到新信息；
- 把这些新信息反馈给时空 Trellis 码译码做先验信息用；

重复以上所述步骤进行迭代译码;

在最后一次迭代结束后, 用最后一次 Turbo 乘积码译码输出的全信息判决输出。

所述的调制可以采用 QPSK 调制。

5 所述的调制可以采用其他常规调制方式。

所述的天线可以采用一个以上发射天线的发射和一个以上接收天线的接收。

所述的天线可采用两个发射天线的发射和一个接收天线的接收。

所述的 Turbo 乘积码译码可为任何 Turbo 乘积码的译码算法, 这里推荐采用 PML 译码算法; 所述的时空 Trellis 码译码可采用多种译码算法, 10 这里给出一种 LOG-MAP 译码算法。

所述的方法, 其步骤进一步包括:

在编码时:

对输入比特先进行 Turbo 乘积码编码;

15 对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织;

交织后的比特再进行时空 Trellis 编码;

级联编码后的两路比特分别转换成符号;

对所述的符号分别进行 QPSK 调制;

调制后的两路信号  $x_1$ ,  $x_2$  分别从两个发射天线上发射出去;

20 设在  $t$  时刻, 第一个发射天线和接收天线之间的信道衰落为  $h_1(t)$ , 第二个发射天线和接收天线之间的信道衰落为  $h_2(t)$ , 接收天线收到的信号记为  $y_t$ , 接收信号受到高斯白噪声的干扰, 噪声的双边功率谱密度记为  $\sigma^2 = N_0/2$ , 这样有:

$$y_t = h_1(t)x_1 + h_2(t)x_2 + v_t$$

25 在译码时:

所述的 Turbo 乘积码译码可为 PML 译码, 所述的时空 Trellis 码译码

可为 LOG-MAP 译码;

在第一次译码时, 时空 Trellis 码译码没有先验信息, 可让似然比先验信息的输入值为零;

- 5 时空 Trellis 码译码根据接收到的信号序列  $Y_1^N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ , 译码得到相应信息在比特级上的可靠性, 其中: 译码算法中的先验信息是  $\ln[P(u_k = u)]$ , 即是符号级上的; 而 TPC 译码器的输出是用比特级的似然比定义的可靠性, 所以要进行转换, 所述转换需满足下列条件:

$$\lambda_i = \ln \left[ \frac{P(u^i = 1)}{P(u^i = 0)} \right] \quad i=1, \dots, k_0$$

- 10 还要进一步把  $\ln[P(u_k = u | Y_1^N)]$  转换成比特级的似然比, 所述转换需满足下列条件:

$$\ln \left[ \frac{P(u_k^i = 1 | Y_1^N)}{P(u_k^i = 0 | Y_1^N)} \right] = \ln \left[ \frac{\sum_{v=1} P(u_k = u | Y_1^N)}{\sum_{v=0} P(u_k = u | Y_1^N)} \right]$$

这时的可靠性信息是全信息;

用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把所述的新信息经过反交织后进行 Turbo 乘积码译码;

- 15 同样 Turbo 乘积码译码输出的是全信息;

用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把这些新信息反馈给时空 Trellis 码译码做先验信息用;

重复以上所述译码步骤进行迭代译码;

- 20 在最后一次迭代结束后, 用最后一次 Turbo 乘积码译码输出的全信息判决输出。

一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码装置, 其中: 发射端至少包括 Turbo 乘积码编码器和时空 Trellis 码编码器级联构成的编码装置;

接收端至少包括 Turbo 乘积码译码器和时空 Trellis 码译码器级联构

所述的发射端的编码装置可包括：Turbo 乘积码编码器、时空 Trellis 码编码器、交织器；其中：输入比特为 Turbo 乘积码编码器的输入，Turbo 乘积码编码器的输出为交织器的输入，交织器的输出为 Trellis 码编码器的输入， Trellis 码编码器的输出为编码后的比特。

所述的接收端的译码装置可包括：Turbo 乘积码译码器、时空 Trellis 码译码器、反交织器；其中：接收信号序列和反馈信息为时空 Trellis 码译码器的输入，时空 Trellis 码译码器的输出和反馈信息为反交织器的输入，反交织器的输出分别为 Turbo 乘积码译码器的输入以及反馈信息的组成信息之一，Turbo 乘积码译码器的输出分别为判决输出以及反馈信息的组成信息之一。

所述的发射端还可包括：比特转换成符号的转换装置、调制器、天线；其中：Trellis 码编码器输出的编码后的比特为比特转换成符号的转换装置的输入，比特转换成符号的转换装置的输出为调制器的输入，调制器的输出为天线的输入，天线发射信号。

以上以两个发射天线一个接收天线并采用 QPSK 调制为例，可以用相同的步骤和方法推广应用于多个发射天线多个接收天线并采用其他调制方式的情况。

本发明的有益效果为：采用 TPC 作为级联编码的外码，降低了译码的复杂性和译码时延，减少了缓存的开销，采用了 Turbo 乘积码和时空 Trellis 码之间的迭代译码，在获得分集增益的同时还大大提高了编码增益。

#### 附图说明

图 1 示出了本发明所述装置，采用两个发射天线和一个接收天线的结构框图；

图 2 示出了本发明所述 Trellis 栅格中的一条边；

图 3 示出了本发明所述装置，采用级联的迭代译码的结构框图。

为了便于描述, 在这里我们以两个发射天线一个接收天线和 QPSK 为例进行说明, 可以推广到多个发射天线多个接收天线和其它调制方案。

如图 1 所示为 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码 (参见参考文献[3]) 的级联编码, 采用两个发射天线一个接收天线, 采用 QPSK 调制。输入比特首先进行 TPC 编码, 编码后的比特经过交织, 交织后的比特再经过 STTC 编码, 级联编码后的比特转换成符号, 对这些符号进行调制, 调制后的两路信号  $x_1, x_2$  分别从两个发射天线上发射出去。假设在  $t$  时刻, 发射天线 1 和接收天线之间的信道衰落记为  $h_1(t)$ , 发射天线 2 和接收天线之间的信道衰落记为  $h_2(t)$ , 接收天线收到的信号记为  $y_t$ , 接收信号受到高斯白噪声的干扰, 噪声的双边功率谱密度记为  $\sigma^2 = N_0/2$ 。这样有:

$$y_t = h_1(t)x_1 + h_2(t)x_2 + v_t \quad (1)$$

关于时空 Trellis 码的译码可以采用多种译码算法, 这里给出一种 LOG-MAP 算法, 算法描述如下:

为了描述清楚, 图 2 所示为 Trellis 栅格中的一条边  $e$  (或者称为分支), 在  $k$  时刻边  $e$  的起始状态为  $S_k^s(e)$  末状态为  $S_k^e(e)$ ,  $u_k(e)$  表示  $k$  时刻与边  $e$  对应的信息字 (包含  $k_0$  个比特),  $c_k(e)$  表示  $k$  时刻与边  $e$  对应的符号字 (包含  $n_0$  个比特)。在一个连续的状态序列中  $S_{k+1}^s(e) = S_k^e(e)$ 。定义  $Y_i^j = (y_i, y_{i+1}, \dots, y_j)$ , 接收序列为  $Y_1^N$ 。信息字序列为  $(u_1, \dots, u_k, \dots, u_N)$ , 用  $u$  表示一个信息字 (包含  $k_0$  个比特),  $u^i, i=1, 2, \dots, k_0$  表示信息字  $u$  的第  $i$  个比特分量。

这样有:

$$\begin{aligned} & P(u_k = u | Y_1^N) \\ 25 \quad &= \frac{1}{P(Y_1^N)} P(u_k = u, Y_1^N) \\ &= \frac{1}{P(Y_1^N)} \sum_{e: u(e)=u} P(S_k^s(e), S_k^e(e), Y_1^N) \end{aligned}$$



$$= \frac{1}{P(Y_1^N)} \sum_{e: u(e)=u} P(e, Y_1^N) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P(e, Y_1^N) &= P(S_k^S(e), S_k^B(e), Y_1^K, Y_{K+1}^N) \\ &= P(Y_{K+1}^N | S_k^B(e)) \cdot P(S_k^B(e), Y_K | S_k^S(e)) \cdot P(S_k^S(e), Y_1^{K-1}) \\ 5 \quad &= B_K(S_k^B(e)) \cdot M_K(e) \cdot A_{K-1}(S_k^S(e)) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{其中: } A_{K-1}(S_k^S(e)) = P(S_k^S(e), Y_1^{K-1}) \quad (4)$$

$$M_K(e) = P(S_k^B(e), Y_K | S_k^S(e)) \quad (5)$$

$$B_K(S_k^B(e)) = P(Y_{K+1}^N | S_k^B(e)) \quad (6)$$

10

$$\begin{aligned} &A_K(S_k^B(e)=s) \\ &= P(S_k^B(e)=s, Y_1^K) \\ &= \sum_{S_k^S(e)} P(S_k^S(e), S_k^B(e)=s, Y_1^{K-1}, Y_K) \\ &= \sum_{e: S_k^B(e)=s} P(S_k^B(e)=s, Y_K | S_k^S(e)) \cdot P(S_k^S(e), Y_1^{K-1}) \\ 15 \quad &= \sum_{e: S_k^B(e)=s} M_K(e) \cdot A_{K-1}(S_k^S(e)) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &B_K(S_k^B(e)=s) \\ &= P(Y_{K+1}^N | S_k^B(e)=s) \\ &= \sum_{S_{K+1}^B(e)} P(S_{K+1}^B(e), Y_{K+1}^N | S_k^B(e)=s) \\ 20 \quad &= \sum_{S_{K+1}^B(e)} P(S_{K+1}^B(e), Y_{K+1}, Y_{K+2}^N | S_k^B(e)=s) \\ &= \sum_{e: S_k^B(e)=s} P(Y_{K+2}^N | S_{K+1}^B(e)) \cdot P(S_{K+1}^B(e), Y_{K+1} | S_k^B(e)=s) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} M_K(e) &= P(S_k^B(e), Y_K | S_k^S(e)) \\ &= P(Y_K | S_k^S(e), S_k^B(e)) \cdot P(S_k^B(e) | S_k^S(e)) \end{aligned}$$

$$= P(Y_k | S_k^s(e), u_k = u) \cdot P(u_k = u) \quad (9)$$

$$P(Y_k | S_k^s(e), u_k = u)$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot (N_0/2)^{1/2}} e^{-\frac{1}{N_0} |Y_k - \sqrt{E_s}(h_1 \cdot s_1 + h_2 \cdot s_2)|^2} \quad (10)$$

$$\ln[M_k(e)]$$

$$= C_1 - \frac{1}{N_0} |Y_k - \sqrt{E_s}(h_1 \cdot s_1 + h_2 \cdot s_2)|^2 + \ln[P(u_k = u)] \quad (11)$$

$$\ln[A_k(S_k^s(e) = s)]$$

$$= \max_{e: S_k^s(e)=s} \ln(M_k(e)) + \ln(A_{k-1}(S_k^s(e)))$$

$$\ln[B_k(S_k^s(e) = s)]$$

$$= \max_{e: S_{k+1}^s(e)=s} \ln[B_{k+1}(S_{k+1}^s(e))] + \ln[M_{k+1}(e)] \quad (12)$$

$$10 \quad \ln[P(u_k = u | Y_1^N)]$$

$$= \max_{e: u(e)=u} \ln[A_{k-1}(S_k^s(e) = s)] + \ln[B_k(S_k^s(e) = s)] + \ln[M_k(e)] \quad (13)$$

前面算法中的先验信息是  $\ln[P(u_k = u)]$ ，即是符号级上的，而 TPC 译码器的输出是用比特级的似然比定义的可靠性，所以要进一步把它换算成  $\ln[P(u_k = u)]$ ，换算算法如下：

$$15 \quad \text{按照似然比的定义: } \lambda_i = \ln \left[ \frac{P(u^i = 1)}{P(u^i = 0)} \right] \quad i=1, \dots, k_0 \quad (14)$$

$$P(u^i = 1) = \frac{e^{\lambda_i}}{1 + e^{\lambda_i}}$$

$$P(u^i = 0) = \frac{1}{1 + e^{\lambda_i}} \quad (15)$$

$$\text{总之有: } P(u^i = b) = \frac{e^{b\lambda_i}}{1 + e^{\lambda_i}}, \quad b=0,1$$

$$\text{这样: } P(u_k = u) = \prod_{i=1}^{k_0} P(u_k^i = u^i) = \frac{e^{\sum_{i=1}^{k_0} u^i \cdot \lambda_i}}{\prod_{i=1}^{k_0} (1 + e^{\lambda_i})}$$

$$20 \quad \ln[P(u_k = u)] = \sum_{i=1}^{k_0} u^i \cdot \lambda_i - \ln \left[ \prod_{i=1}^{k_0} (1 + e^{\lambda_i}) \right] \quad (16)$$

现在计算得到的  $\ln[P(u_k = u | Y_1^N)]$  是在已知接收序列  $Y_1^N$  时判断信息字

序列中的第  $k$  个信息字  $u_k$  等于  $u$  的概率的自然对数值。由于 TPC 译码器的输入输出均是用比特级的似然比定义的可靠性，所以在这里还要进一步把  $\ln[P(u_k=u|Y_1^N)]$  换算成比特级的似然比，换算算法如下：

用  $u_k^i$  表示信息字  $u_k$  的第  $i$  个比特分量。

$$\ln \left[ \frac{P(u_k^i=1|Y_1^N)}{P(u_k^i=0|Y_1^N)} \right] = \ln \left[ \frac{\sum_{u=1} P(u_k=u|Y_1^N)}{\sum_{u=0} P(u_k=u|Y_1^N)} \right] \quad (17)$$

关于 TPC 译码可以采用多种译码算法，这里推荐采用文献[6]中介绍的 PML 算法。

如图 3 所示为 Turbo 乘积码和时空 Trellis 码级联的迭代译码结构图。

在第一次译码时，STTC 译码器没有先验信息，由于先验信息是用似然比定义的可靠性，所以可让先验信息的输入值为零，表示没有先验信息。STTC 译码器根据接收到的信号序列  $Y_1^N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$  译码得到相应于图 1 中 13 处的信息在比特级上的可靠性（用似然比定义），这时的可靠性信息是全信息，用全信息减去输入的先验信息得到新信息，把这些新信息经过交叉后送给 TPC 译码器进行译码，同样 TPC 译码器输出的是全信息，用全信息减去输入的先验信息得到新信息，把这些新信息反馈给 STTC 译码器做先验信息用。如此进行迭代译码。在最后一次迭代结束后，用最后一次 TPC 译码器输出的全信息判决输出。

从本发明的具体实施方式可见：采用 TPC 作为级联编码的外码，降低了译码的复杂性和译码时延，减少了缓存的开销，采用了 Turbo 乘积码和时空 Trellis 码之间的迭代译码，在获得分集增益的同时还大大提高了编码增益。

以上具体实施方式仅用于说明本发明，而非用于限定本发明。

## 参考文献

[1] Siavash M. Alamouti, "A simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications," IEEE Journal on select areas in communications. Vol. 16. NO.8, October 1998.

5 [2] Vahid Tarokh, Hamid Jafarkhani and A. Robert Calderbank, "Space-Time Block Coding for Wireless Communications: Performance Results ," IEEE Journal on select areas in communications. Vol. 17. NO.3, March 1999.

[3] V. Tarokh, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Space-Time Codes for High Data Rate Wireless Communication: Performance Criterion and Code Construction," *IEEE Trans. IT*, 44(2): 744-765, Mar. 1998.

[4] Zhipei Chi, Zhongfeng Wang and Keshab K. Parhi, "Iterative Decoding of Space-Time Trellis Codes and Related Implementation Issues," Signals, Systems and Computers, 2000. Conference Record of the Thirty-Fourth Asilomar Conference on, Volume: 1, 2000 page(s): 562-566 vol.1

15 [5] Gerhard Bauch, "Concatenation of Space-Time Block Codes and "Turbo"-TCM," Communications, 1999. ICC'99. 1999 IEEE International Conference on, 1999 page(s): 1202-1206 vol.2

[6] United States patent, patent NO:5,930,272

20

25

30

## 权 利 要 求

1. 一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码方法, 其中: 发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码; 接收端对所接收的信号进行译码。

5        2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述的发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码是指: Turbo 乘积码为级联编码的外码, 时空 Trellis 码为级联编码的内码; 在编码时, 先进行 Turbo 乘积码编码, 对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织, 交织后的比特再进行时空 Trellis 编码。

10       3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述的接收端对所接收的信号进行译码是指: 接收端对所接收的信号采用 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述的发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码是指: Turbo 乘积码为  
15       级联编码的外码, 时空 Trellis 码为级联编码的内码; 在编码时, 先进行 Turbo 乘积码编码, 对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织, 交织后的比特再进行时空 Trellis 编码;

所述的接收端对所接收的信号进行译码是指: 接收端对所接收的信号采用 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码。

20       5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述的发射端对输入比特采用 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码的级联编码的步骤包括:

在编码时, 对输入比特先进行 Turbo 乘积码编码;

对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织;

交织后的比特再进行时空 Trellis 编码;

25       级联编码后的比特转换成符号;

对所述的符号进行调制;

调制后的信号从发射天线上发射出去。

6. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述的接收端对所接收的信号采用了 Turbo 乘积码译码和时空 Trellis 码译码之间的迭代译码的

5 步骤包括:

在第一次译码时, 时空 Trellis 码译码没有先验信息, 可让似然比先验信息的输入值为零;

时空 Trellis 码译码根据接收到的信号序列, 译码得到相应信息在比特级上的可靠性, 这时的可靠性信息是全信息;

10 用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把所述的新信息经过反交织后进行 Turbo 乘积码译码;

同样 Turbo 乘积码译码输出的是全信息;

用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把这些新信息反馈给时空 Trellis 码译码做先验信息用;

15 重复以上所述步骤进行迭代译码;

在最后一次迭代结束后, 用最后一次 Turbo 乘积码译码输出的全信息判决输出。

7. 根据权利要求 4 所述的方法, 其步骤包括:

在编码时:

20 对输入比特先进行 Turbo 乘积码编码;

对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织;

交织后的比特再进行时空 Trellis 编码;

级联编码后的比特转换成符号;

对所述的符号进行调制;

25 调制后的信号从发射天线上发射出去;

在译码时:

在第一次译码时, 时空 Trellis 码译码没有先验信息, 可让先验信息的输入值为零;

时空 Trellis 码译码根据接收到的信号序列, 译码得到相应信息在比特级上的可靠性, 这时的可靠性信息是全信息;

5 用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把所述的新信息经过反交织后进行 Turbo 乘积码译码;

同样 Turbo 乘积码译码输出的是全信息;

用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把这些新信息反馈给时空 Trellis 码译码做先验信息用;

10 重复以上所述译码步骤进行迭代译码;

在最后一次迭代结束后, 用最后一次 Turbo 乘积码译码输出的全信息判决输出。

8. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的调制可以采用 QPSK 调制。

15 9. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的调制可以采用其他常规调制方式。

10. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的天线可以采用一个以上发射天线的发射和一个以上接收天线的接收。

20 11. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的天线可以采用两个发射天线的发射和一个接收天线的接收。

12. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述的 Turbo 乘积码译码可为 PML 译码;

所述的时空 Trellis 码译码可为 LOG-MAP 译码。

13. 根据权利要求 7 所述的方法, 其步骤进一步包括:

25 在编码时:

对输入比特先进行 Turbo 乘积码编码;

对 Turbo 乘积码编码后的比特进行交织;

交织后的比特再进行时空 Trellis 编码;

级联编码后的两路比特分别转换成符号;

对所述的符号分别进行 QPSK 调制;

5 调制后的两路信号  $x_1$ ,  $x_2$  分别从两个发射天线上发射出去;

设在  $t$  时刻, 第一个发射天线和接收天线之间的信道衰落为  $h_1(t)$ , 第二个发射天线和接收天线之间的信道衰落为  $h_2(t)$ , 接收天线收到的信号记为  $y_t$ , 接收信号受到高斯白噪声的干扰, 噪声的双边功率谱密度记为  $\sigma^2 = N_0/2$ , 这样有:

$$10 \quad y_t = h_1(t)x_1 + h_2(t)x_2 + v_t$$

在译码时:

所述的 Turbo 乘积码译码可为 PML 译码, 所述的时空 Trellis 码译码可为 LOG-MAP 译码;

15 在第一次译码时, 时空 Trellis 码译码没有先验信息, 可让似然比先验信息的输入值为零;

时空 Trellis 码译码根据接收到的信号序列  $Y_i^N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ , 译码得到相应信息在比特级上的可靠性, 其中: 先验信息是  $\ln[P(u_k = u)]$ , 即是符号级上的; 而 TPC 译码器的输出是用比特级的似然比定义的可靠性, 所以要进行转换, 所述转换需满足下列条件:

$$20 \quad \lambda_i = \ln \left[ \frac{P(u^i = 1)}{P(u^i = 0)} \right] \quad i=1, \dots, k_0$$

还要进一步把  $\ln[P(u_k = u | Y_i^N)]$  转换成比特级的似然比, 所述转换需满足下列条件:

$$\ln \left[ \frac{P(u_k^i = 1 | Y_i^N)}{P(u_k^i = 0 | Y_i^N)} \right] = \ln \left[ \frac{\sum_{u^i=1} P(u_k = u | Y_i^N)}{\sum_{u^i=0} P(u_k = u | Y_i^N)} \right]$$

这时的可靠性信息是全信息;

25 用全信息减去输入的先验信息得到新信息;



把所述的新信息经过反交织后进行 Turbo 乘积码译码;

同样 Turbo 乘积码译码输出的是全信息;

用全信息减去输入的先验信息得到新信息;

把这些新信息反馈给时空 Trellis 码译码做先验信息用;

5 重复以上所述译码步骤进行迭代译码;

在最后一次迭代结束后, 用最后一次 Turbo 乘积码译码输出的全信息  
判决输出。

14. 一种 Turbo 乘积码与时空 Trellis 码级联的编码装置, 其中: 发  
射端至少包括 Turbo 乘积码编码器和时空 Trellis 码编码器级联构成的编  
10 码装置;

接收端至少包括 Turbo 乘积码译码器和时空 Trellis 码译码器级联构  
成的译码装置。

15. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述的发射端的编码  
装置可包括: Turbo 乘积码编码器、时空 Trellis 码编码器、交织器; 其  
15 中: 输入比特为 Turbo 乘积码编码器的输入, Turbo 乘积码编码器的输出  
为交织器的输入, 交织器的输出为 Trellis 码编码器的输入, Trellis 码  
编码器的输出为编码后的比特。

16. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述的接收端的译码  
装置可包括: Turbo 乘积码译码器、时空 Trellis 码译码器、反交织器;  
20 其中: 接收信号序列和反馈信息为时空 Trellis 码译码器的输入, 时空  
Trellis 码译码器的输出和反馈信息为反交织器的输入, 反交织器的输出  
分别为 Turbo 乘积码译码器的输入以及反馈信息的组成信息之一, Turbo  
乘积码译码器的输出分别为判决输出以及反馈信息的组成信息之一。

17. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述的发射端的编码  
25 装置可包括: Turbo 乘积码编码器、时空 Trellis 码编码器、交织器; 其  
中: 输入比特为 Turbo 乘积码编码器的输入, Turbo 乘积码编码器的输出

为交织器的输入，交织器的输出为 Trellis 码编码器的输入，Trellis 码编码器的输出为编码后的比特。

所述的接收端的译码装置可包括：Turbo 乘积码译码器、时空 Trellis 码译码器、反交织器；其中：接收信号序列和反馈信息为时空 Trellis 码译码器的输入，时空 Trellis 码译码器的输出和反馈信息为反交织器的输入，反交织器的输出分别为 Turbo 乘积码译码器的输入以及反馈信息的组成信息之一，Turbo 乘积码译码器的输出分别为判决输出以及反馈信息的组成信息之一。

18. 根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述的发射端还可包括：比特转换成符号的转换装置、调制器、天线；其中：Trellis 码编码器输出的编码后的比特为比特转换成符号的转换装置的输入，比特转换成符号的转换装置的输出为调制器的输入，调制器的输出为天线的输入，天线发射信号。

15

20

1/2

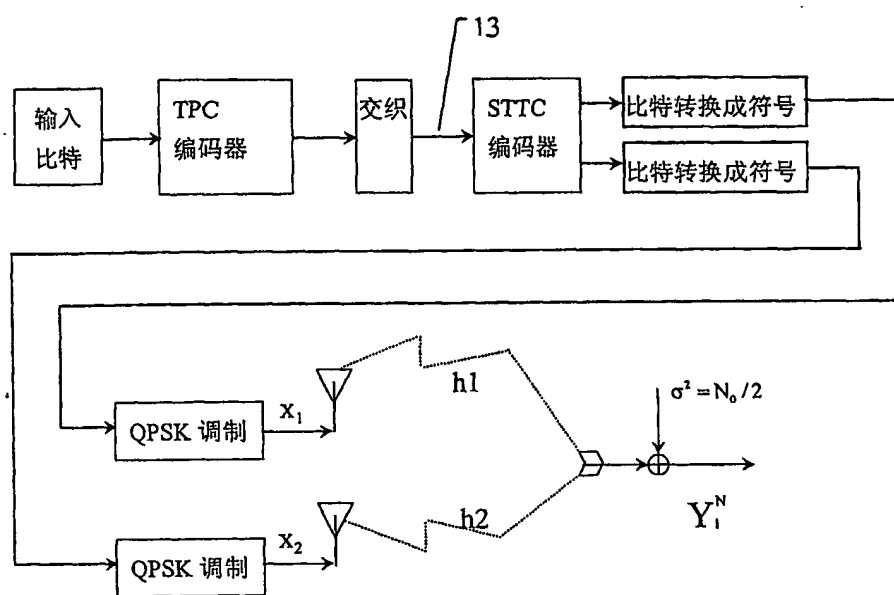


图 1

2/2

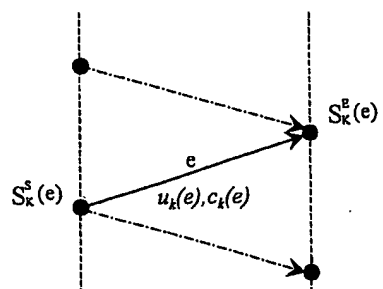


图 2

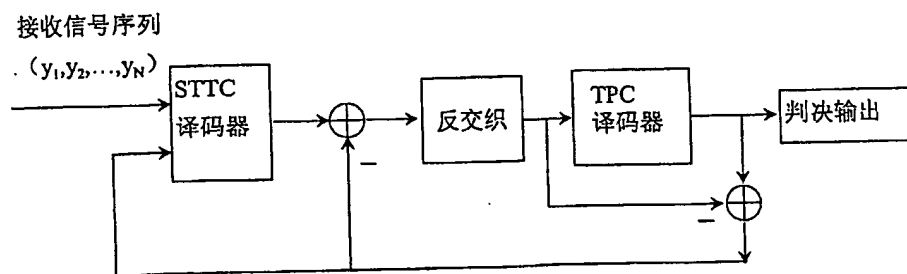


图 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN02/00295

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC<sup>7</sup>: H04L 1/00 H03M 3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI,EPODOC,PAJ,CNPAT: Product code STTC Cascade Decode 乘积码 时空 Trellis 码 译码

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | JP2000196471 A 14.JUL 2000 Whole Document  | 1-18                  |
| A         | US6128765 A 3.OCT 2000 Whole Document  | 1-18                  |
| A         | WO0013323 A 9.MAR 2000 Whole Document  | 1-18                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

|  |  |
|--|--|
| * Special categories of cited documents:   | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance   | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "B" earlier application or patent but published on or after the international filing date  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means   |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed   |  |

Date of the actual completion of the international search  
29.OCT 2002 (29.10.02)

Date of mailing of the international search report  
21 NOV 2002 (21.11.02)

Name and mailing address of the ISA/CN  
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District,  
100088 Beijing, China  
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer  
XING WENFENG  
Telephone No. 86-10-62093360

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information patent family members

Search request No.

PCT/CN02/00295

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| JP2000196471 A                            | 14.JUL 2000         | NONE                       |                     |
| US6128765 A                               | 3.OCT 2000          | NONE                       |                     |
| WO0013323 A                               | 9.MAR 2000          | US6332209 B1               | 18.DEC 2001         |
|   |                     | AU5685499 A                | 21.MAR 2000         |
|   |                     | EP1050110 A1               | 8.NOV 2000          |
|   |                     | KR2001031459 A             | 16.APR 2001         |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN02/00295

## A. 主题的分类

H04L 1/00

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类体系和分类号)

IPC<sup>7</sup>: H04L 1/00 H03M 3/00

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称和, 如果实际可行的, 使用的检索词)

WPI,EPODOC,PAJ,CNPAT: Product code STTC Cascade Decode 乘积码 时空 Trellis 码 译码

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落             | 相关的权利要求编号 |
|------|-------------------------------|-----------|
| A    | JP2000196471 A 14.7 月 2000 全文 | 1-18      |
| A    | US6128765 A 3.10 月 2000 全文    | 1-18      |
| A    | WO0013323 A 9.3 月 2000 全文     | 1-18      |

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的专用类型:

“A” 明确叙述了被认为不是特别相关的一般现有技术的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先的申请或专利

“L” 可能引起对优先权要求的怀疑的文件, 为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布的在后文件, 它与申请不相抵触, 但是引用它是为了理解构成发明基础的理论或原理

“X” 特别相关的文件, 仅仅考虑该文件, 权利要求所记载的发明就不能认为是新颖的或不能认为是有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 权利要求记载的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利成员的文件

国际检索实际完成的日期

29.10 月 2002 (29.10.02)

国际检索报告邮寄日期

21.11月2002(21.11.02)

国际检索单位名称和邮寄地址

ISA/CN

中国北京市海淀区西土城路 6 号(100088)

传真号: 86-10-62019451

受权官员



邢文飞

电话号码: 86-10-62093360

国际检索报告  
关于同族专利成员的情报

国际申请号  
PCT/CN02/00295

| 检索报告中引用的<br>专利文件 | 公布日期        | 同族专利成员         | 公布日期         |
|------------------|-------------|----------------|--------------|
| JP2000196471 A   | 14.7 月 2000 | 无              |              |
| US6128765 A      | 3.10 月 2000 | 无              |              |
| WO0013323 A      | 9.3 月 2000  | US6332209 B1   | 18.12 月 2001 |
|                  |             | AU5685499 A    | 21.3 月 2000  |
|                  |             | EP1050110 A1   | 8.11 月 2000  |
|                  |             | KR2001031459 A | 16.4 月 2001  |